mini-fusées

& ateliers aérospatiaux

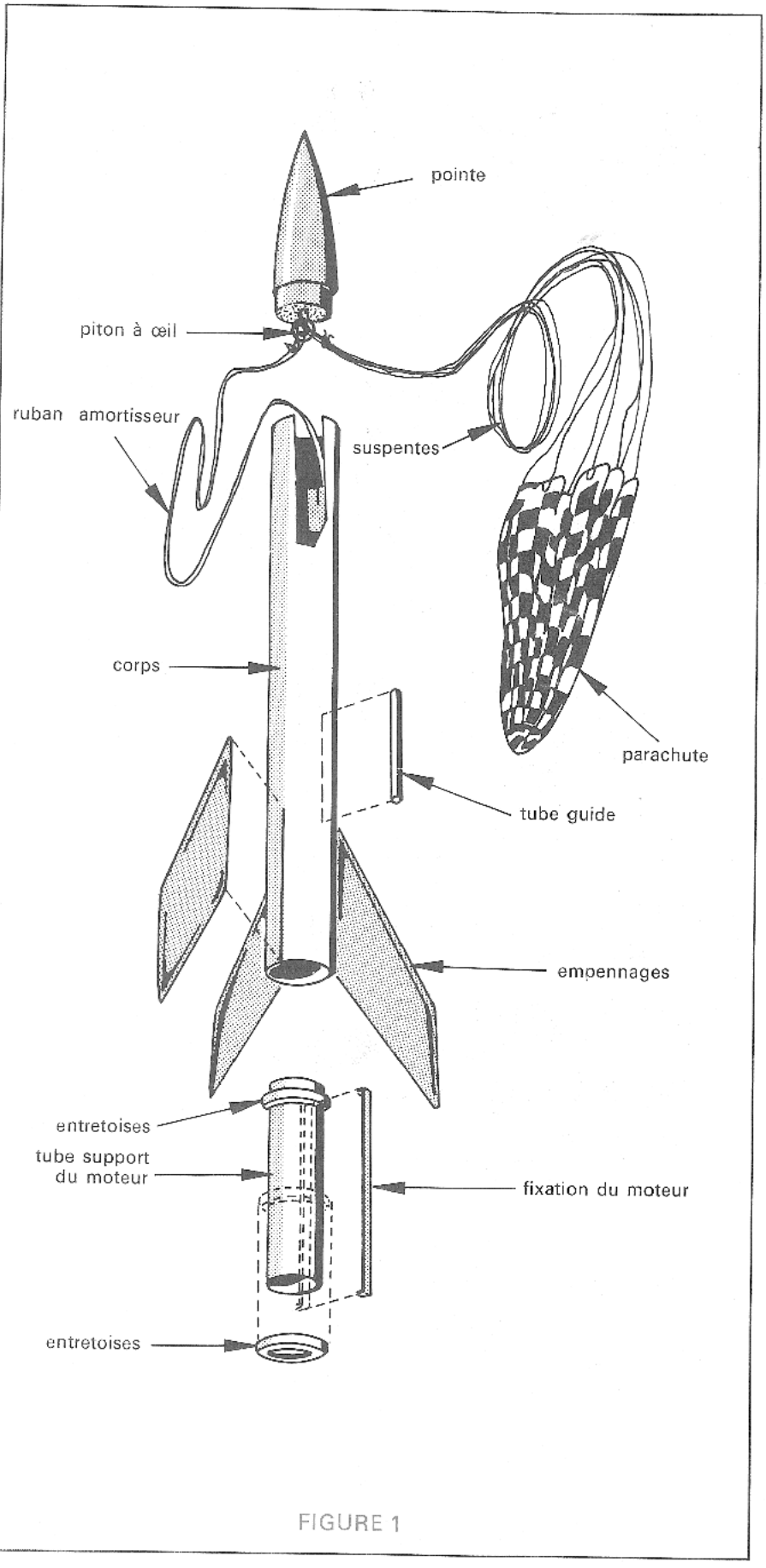


FIGURE 1

Comment construire « sa »... mini-fusée !

Pour tous ceux qui rêvent de construire une fusée et de la voir partir vers le ciel, voici du nouveau. Travailler seul sur un projet « Faon » ou « Cabri » est impossible et si l'on veut participer à l'élaboration et au développement d'un programme complet, il est nécessaire de s'intégrer à un club aérospatial.

Mais pour faire vos premiers pas de praticien scientifique, pour développer vos qualités de patience, acquérir de nouvelles connaissances et connaître la joie d'avoir mené à bien une œuvre technique vous pouvez construire une mini-fusée.

Nous vous donnons dans cet article les indications utiles pour sa réalisation et l'A.N.C.S. attend tous les jeunes constructeurs pour de vastes séries de lancements.

Après la description des différentes pièces constituantes, nous exposerons les principales mises au point à effectuer et nous nous étendrons ensuite sur trois points :

— les systèmes de récupération
— la finition du projet
— la mesure de l'altitude atteinte

qui sont essentiels dans le domaine aérospatial.

Mini-fusée en pièces détachées

Décomposons la mini-fusée.
La voici présentée sur la Figure 1 avec :

— le corps
— le support de moteur
— l'ogive
— les empennages (3 ou 4 ailettes)
— la fixation de moteur
— le ruban amortisseur
— un piton à œil
— un tube guide
— un parachute
— deux entretoises

Pour s'attaquer à la construction de ces différents éléments, il faut réunir les outils et principaux matériaux suivants :

— un couteau de modéliste ou de maquetiste
— un tube de colle blanche extra-forte

— un stylo à bille ou un crayon à papier

— une feuille de papier abrasif extra-fin

— de la peinture ou du vernis

— des tubes en carton de différents diamètres et épaisseurs (corps, entretoises)

— une feuille de balsa (empennages)

— un morceau de balsa (cone)

Définition de la mini-fusée

L'aspect général d'une fusée et son comportement en vol dépendent essentiellement :

— de sa pointe ;

— de son corps ;

— de ses empennages.

Leur forme et leur dimension peuvent être quelconques, mais l'ensemble doit satisfaire à des critères essentiels de stabilité (comportement aérodynamique), de finitions (état de surface) et de poids (légèreté) sur lesquels nous reviendrons plus longuement dans le texte.

Détails de construction

1) - **La pointe**

Sa forme peut être ogivale, conique ou parabolique. Son allongement (rapport de la longueur sur son diamètre étant choisi autour de 3).

Il peut aisément être réalisé en tournant à l'aide d'une perceuse ordinaire un bloc de balsa.

Il est ajusté pour un frottement doux dans le tube constituant le corps de la fusée.

2) - **Le corps**

Cylindrique, ne présentant aucune déformation ou aspérité, il est réalisé dans un tube en carton ou en matériau rigide et léger coupé aux dimensions (voir annexe sur le tronçonnage).

3) - **Montage du moteur** (Figure 2 et 3)

● Cale d'appui du moteur.

Pour certains modèles, une cale d'appui du moteur est nécessaire. Elle lui évite de se déplacer trop en avant dans le corps de la fusée, au moment de l'installation définitive et du lancement.

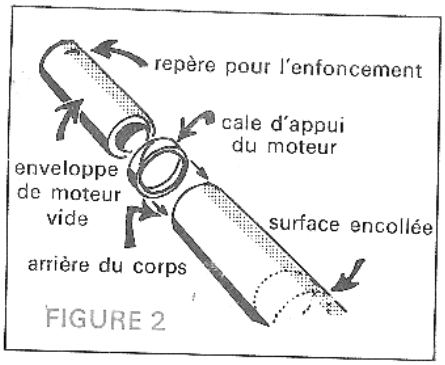


FIGURE 2

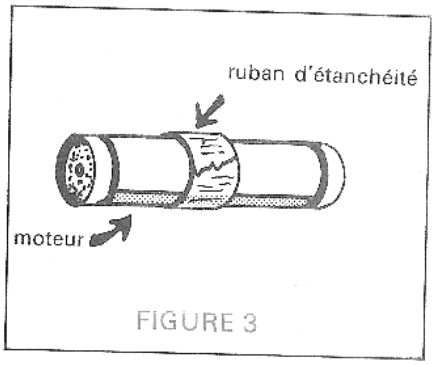


FIGURE 3

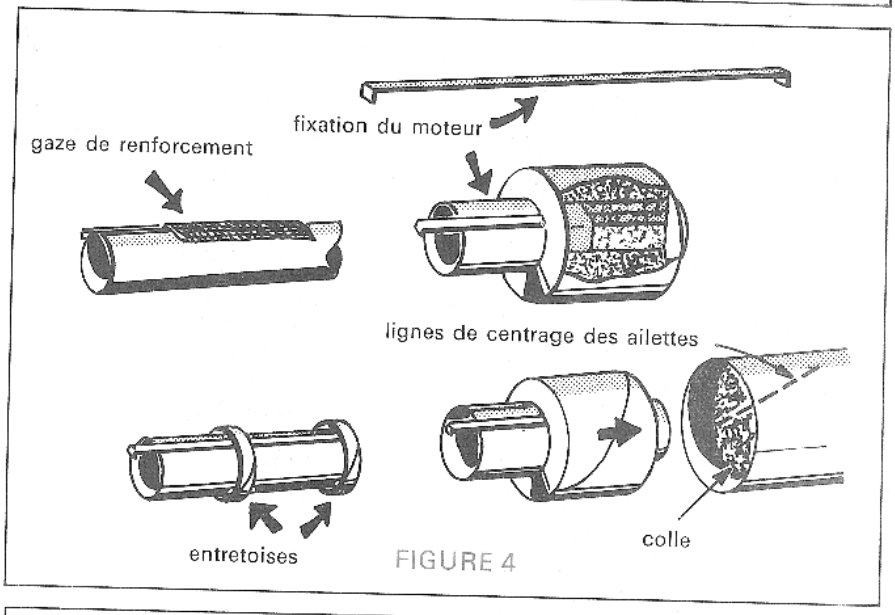


FIGURE 4

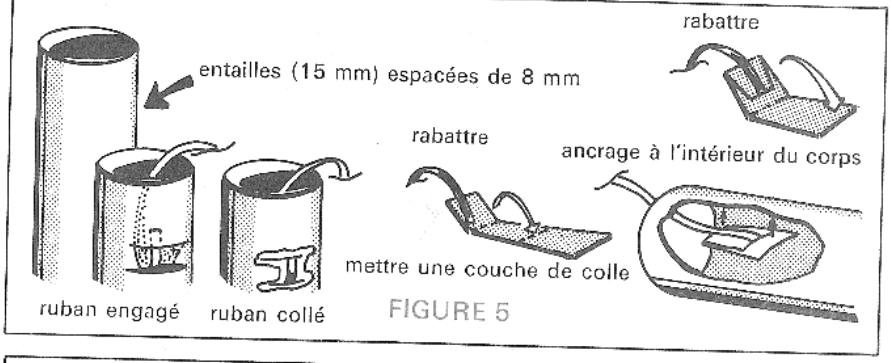


FIGURE 5

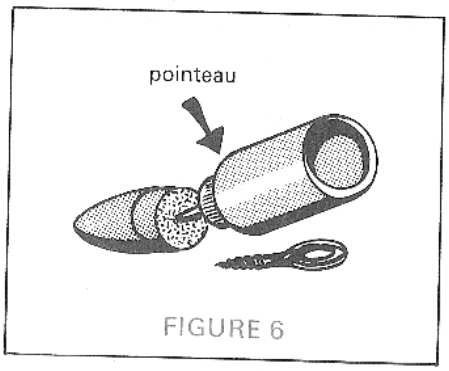


FIGURE 6

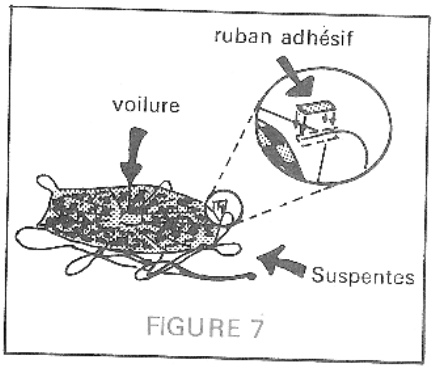


FIGURE 7

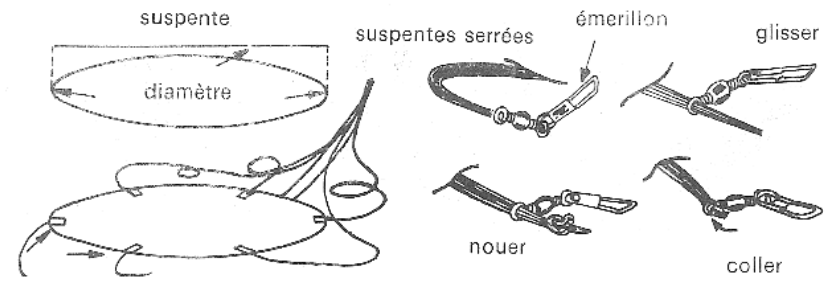


FIGURE 8

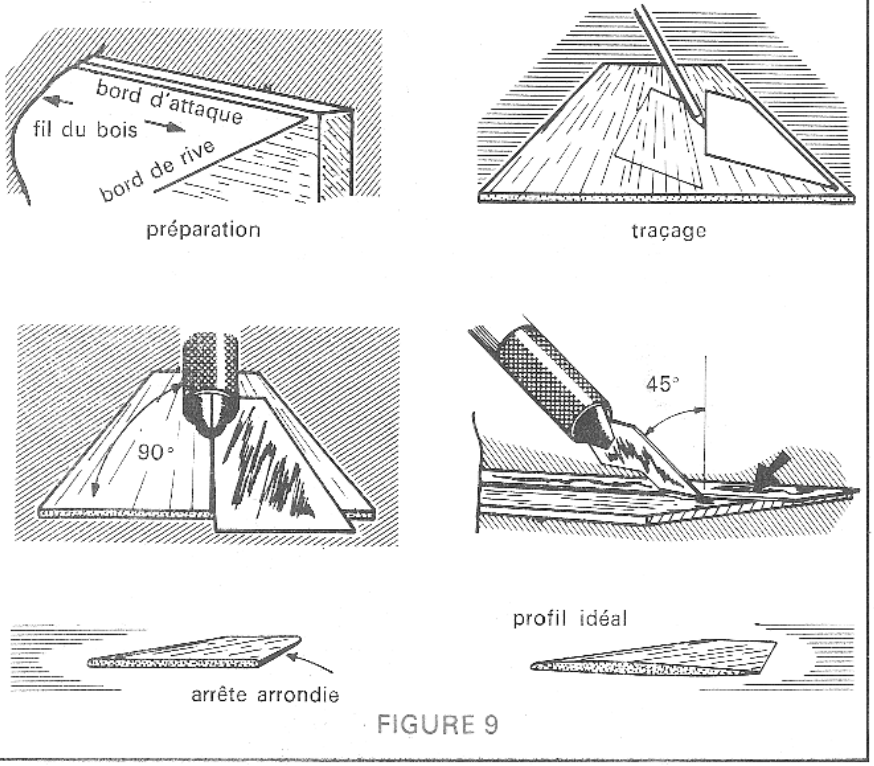


FIGURE 9

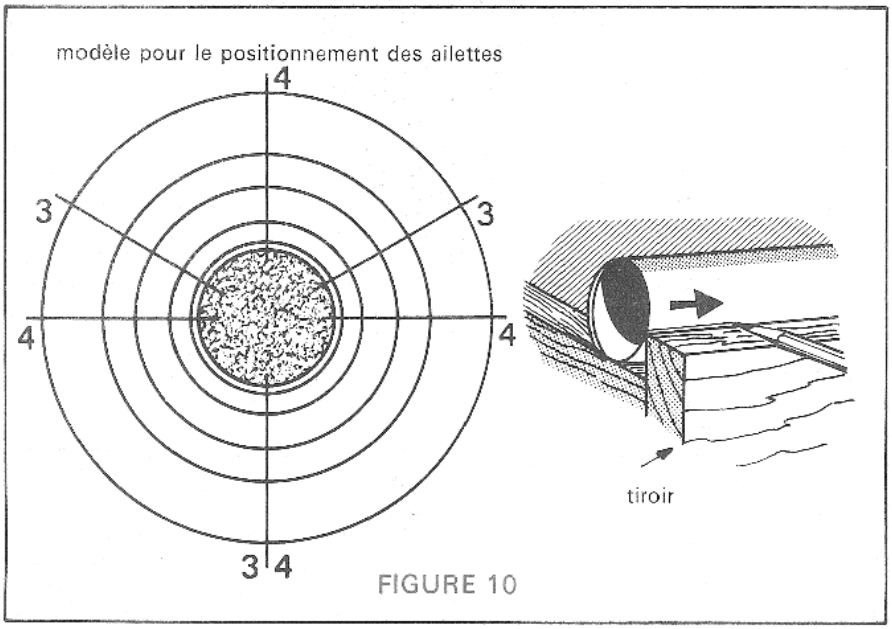


FIGURE 10

La cale est enfoncée dans le tube au moyen de l'enveloppe d'un moteur usagé. Pour cela enduire l'intérieur du corps d'une couche de colle et placer la cale juste à l'extrémité arrière du tube. Pousser, à l'aide de l'enveloppe, la cale au bon endroit, d'un mouvement continu bien régulier, afin d'éviter son blocage dans une position incorrecte : il faut que le repère tracé sur l'enveloppe du moteur coïncide avec le bord arrière du tube. Retirer alors, immédiatement l'enveloppe du moteur.

● Fixations

Une pièce de fixation est généralement employée pour maintenir le moteur en place (voir le schéma). Soulever légèrement l'extrémité du verrou afin d'introduire le moteur et vérifier si elle le maintient bien en place.

4) - **Le support moteur**

Installer ensuite le support moteur en s'assurant que le verrou de fixation du moteur est placé entre deux empennages pour en favoriser la manœuvre.

D'abord, il faut que le support moteur glisse facilement dans le tube où il va se trouver logé (poncer éventuellement).

Mettre de la colle à l'intérieur du corps, en l'étalant, aux emplacements où viendront se fixer les bagues du support et introduire le support dans le tube, d'un seul geste (sinon avec la colle le support pourrait se bloquer dans une position incorrecte).

Tandis que la colle sèche, maintenir le tube « nez en haut ».

5) - **Cordons amortisseurs** (Fig. 5)

L'amortissement du choc, créé par l'éjection et l'ouverture du parachute, est assurée par un ruban de caoutchouc reliant le parachute et l'ogive au corps principal de la fusée. Ce ruban doit être très solidement fixé au corps par la patte d'ancrage. Il est particulièrement important que les cordons amortisseurs soient solidement fixés. Les deux méthodes indiquées ici donnent de bons résultats.

« L'encoche avec collage » est la plus rapide.

Celle de la « patte d'ancrage » (voir dessin) est plus efficace, mais elle nécessite l'emploi de tube d'un gabarit supérieur pour la réalisation du corps.

6) - **Piton à œil** (Figure 6)

La pointe ne doit pas être perdue :

pour cela, il faut que le piton à œil soit solidement fixé. Il convient de percer la base de l'ogive avec le piton à œil. Retirer ce dernier et mettre de la colle dans l'orifice avant de revisser le piton.

7) - **Parachute**

On peut utiliser :

— soit des parachutes pré-imprimés

— soit des feuilles de matière plastique. Dans ce dernier cas, découper la feuille aux formes et dimensions voulues, puis fixer 6 ou 8 suspentes. La longueur de chaque suspente doit être égale au diamètre du parachute.

Rassembler toutes les extrémités libres des suspentes, puis les nouer à l'ensemble.

Pour s'assurer une possibilité de changement ou de transfert de parachute, on peut installer un mousqueton. Réunir alors, sans les nouer les extrémités des suspentes et les mouiller pour obtenir un ensemble raide qu'on enfilera enfilera ensuite dans l'œil du mousqueton. Puis, nouer entre elles les extrémités et rabattre le nœud contre l'œil du mousqueton avant de lui appliquer une couche de colle. Il est conseillé de talquer le parachute pour éviter qu'il ne colle par effet de l'électricité statique.

8) - **Exécution des empennages**

(Figure 9)

Les empennages sont généralement exécutés dans une mince feuille de balsa.

S'assurer que le bord d'attaque des ailettes des empennages est parallèle au fil du bois sinon elles casseront.

Commencer par tracer, sur du papier fort ou du carton, un patron de la même grandeur (échelle 1). Découper ce patron, puis positionner sur la feuille de balsa. Tracer alors le contour de l'ailette à l'aide d'un stylo à bille ou d'un crayon.

— **Découpage**

Se servir d'un réglet métallique pour guider la lame de l'outil. Celui-ci sera tenu bien droit avec un angle de coupe de 45°.

Si le tranchant de la lame est émoussé ou si on tient cette lame trop haute, le balsa risque de se déchirer.

— **Façonnage**

Toutes les arêtes seront poncées en arrondi, sauf le bord de rive (celle collée au corps de la fusée), qui devra être plat et perpendiculaire à la surface. Les deux plans de l'empennage sont aussi à poncer finement.

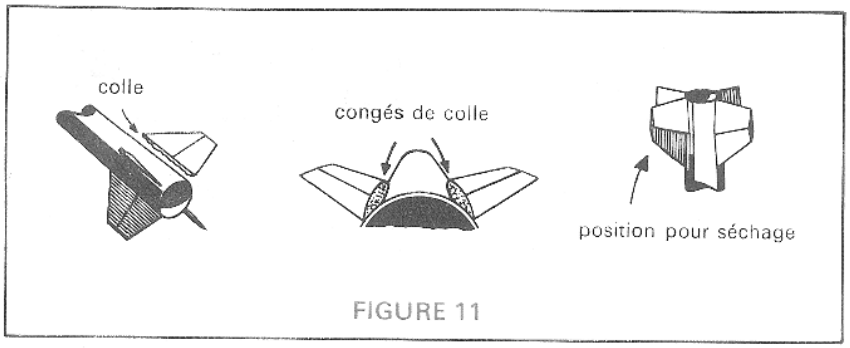


FIGURE 11

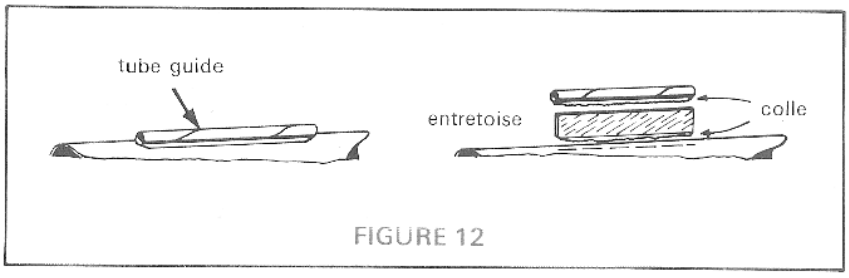


FIGURE 12

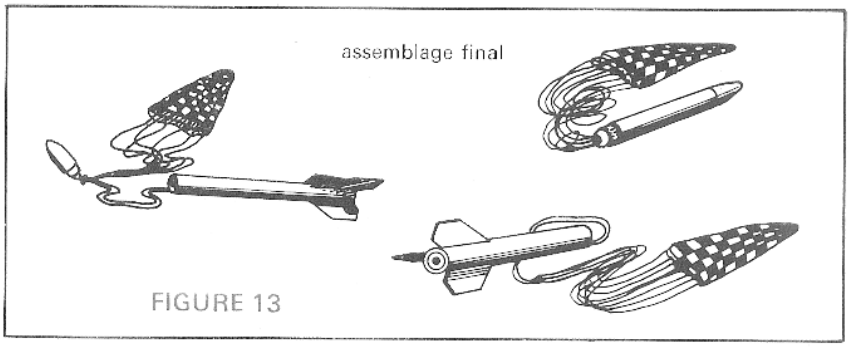


FIGURE 13

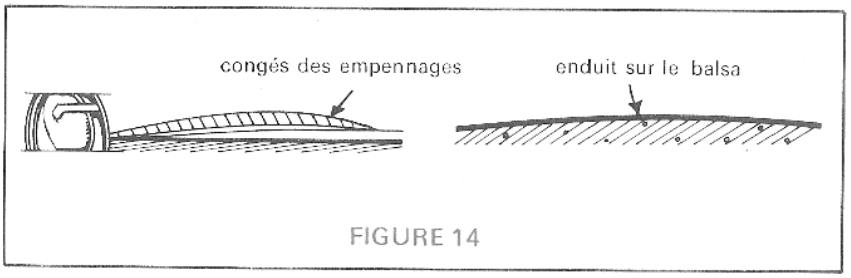


FIGURE 14

Pour les modèles à haute performance, donner aux empennages le profil indiqué ci-dessus : bord d'attaque légèrement arrondi, bord de fuite en lame de couteau.

9) - **Positionnement des empennages** (Figure 10)

A - Pour positionner les empennages sur le gabarit de traçage que vous aurez préalablement réalisé, centrer le tube sur le cercle convenable, puis tracer sur le corps les repères correspondants (en regard des lignes marquées 4 pour les 4 empennages et 3 pour les 3 empennages. Puis tracer les lignes de centrage.

B - Pour tracer ces lignes de centrage, s'appuyer sur un bord de tiroir ou un châssis de fenêtre. L'arête de ce bord ou châssis guidera le crayon. Coller les empennages au corps sur les lignes tracées.

10) - **Montage des empennages**

(Figure 11)

Pour fixer les empennages, utiliser une colle très résistante à séchage rapide.

Une fois tracés les repères de centrage sur le corps et poncés les empennages, appliquer un « trait » de colle à la rive d'un empennage.

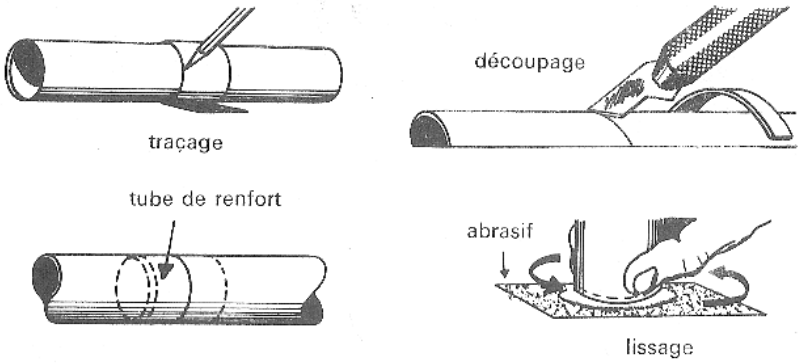


FIGURE 15

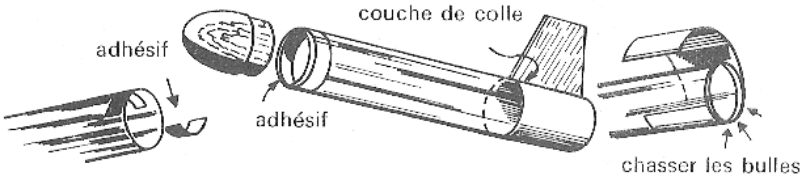


FIGURE 16

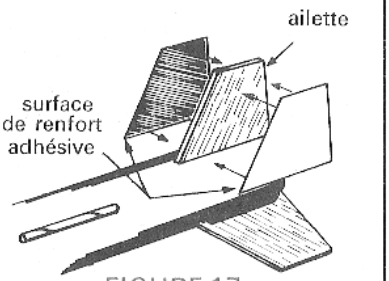
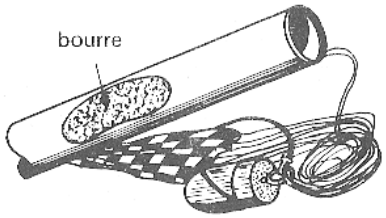


FIGURE 17



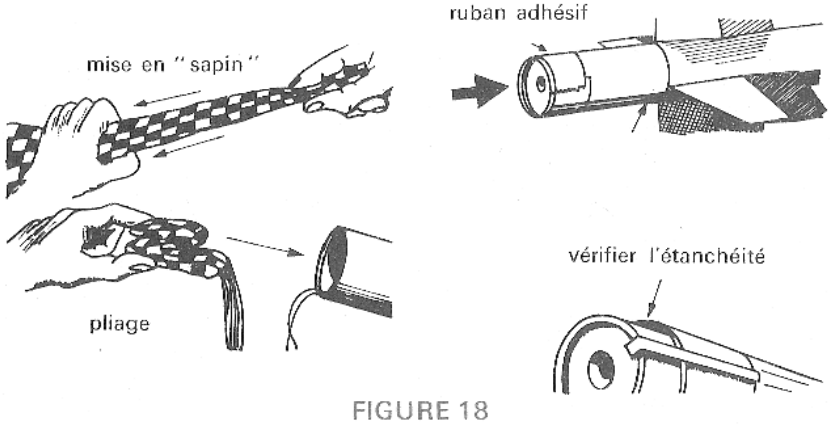


FIGURE 18

Après avoir « laissé prendre » durant quelques secondes, appliquer fermement sur le corps de l'engin. Faire de même pour les autres empennages. Maintenir la fusée verticale pendant le séchage.

Ensuite, il peut s'avérer nécessaire de renforcer les joints : appliquer alors de la colle pour former un congé de raccordement. Cette fois la fusée est laissée à l'horizontale.

11) - **Montage du tube guide**

(Figure 12)

On procède de la même façon que pour les empennages. Pour éviter que la tige de guidage ne vienne heurter une section de plus fort diamètre du corps, on peut adjoindre une entretoise. Ce sous-ensemble doit être préparé avant la fixation du tube au corps.

12) **Montage final** (Figure 13)

Le premier dessin montre l'assemblage de l'ogive, du parachute et de la fusée elle-même, et le second l'utilisation de deux parachutes dans le cas où le compartiment de charge utile de la fusée est particulièrement lourd.

13) - **Peinture** (Figure 14)

La peinture va déterminer l'aspect du modèle. Avant cette opération, il faut :

— s'assurer que les congés sont lisses et ne comportent aucune bulle d'air : si l'un d'eux n'est pas conforme, appliquer une nouvelle couche de colle et la lisser avec le doigt.

— reboucher tous les pores du balsa comme suit : appliquer une couche d'apprêt, laisser sécher, poncer jusqu'à obtenir un plan parfaitement lisse.

● Pour peindre, on peut utiliser un pinceau. Celui-ci doit être d'une propreté parfaite pour que la couleur soit pure.

La peinture pourra être diluée à 50 % pour obtenir un meilleur fini. Eviter de passer plusieurs fois au même endroit, car le séchage est rapide. Pour une deuxième couche, il faut attendre que la première soit tout à fait sèche.

● On peut aussi utiliser (c'est plus facile) la pulvérisation : ces couches de peinture devront être fines et régulières et espacées par un séchage complet.

Conseils techniques

1) - **Le tronçonnage du tube**

(Figure 15)

Voici comment obtenir un tube d'une longueur voulue :

a) positionner le repère, puis enrouler une bande de papier autour du tube conformément au repère, et tracer une ligne autour du tube ;

b) introduire dans le corps une bague d'accouplement d'étages juste au-dessous de la zone de tronçonnage de manière à renforcer le tube ;

c) tout en faisant tourner le tube, découper légèrement le long de la ligne : il faut que la lame soit bien affutée, et être patient aussi (surtout ne pas tenter de couper le tube d'un seul coup, mais procéder par légères incisions, avec plusieurs tours, jusqu'à ce que le tube soit complètement sectionné ;

d) faire glisser la bague d'accouplement dans la partie découpée du tube, puis « travailler » ce dernier posé sur une feuille de papier abrasifg extra-fin, en le tenant près de l'extrémité ; procéder par mouvements circulaires afin de casser les angles et d'ébarber la coupure.

2) - **Corps en mylar** (Figure 16)

Extrêmement léger, le tube en mylar est recommandé car il facilite le bon fonctionnement du système de récupération. Son utilisation est recommandée lorsque l'on doit éjecter le moteur pour la récupération car il ne brûle pas sous l'action de la chaleur dégagée par l'étoupille.

Cependant, il nécessite l'emploi d'un papier-auto-collant car il est indifférent aux colles ordinaires.

3) - **Renforcement des empennages**

(Figure 17).

Les empennages peuvent être utilement renforcés par du papier autocollant.

Découper deux renforts pour chacune des ailettes.

Ces deux pièces ne seront pas identiques car elles sont collées en opposition.

Retirer le papier protecteur du dos de chaque pièce et les appliquer en les frottant de manière à obtenir une parfaite adhérence.

Les bords seront joints à l'aide d'une colle forte à séchage rapide.

Ce renforcement est très efficace :

— la résistance est quatre fois supérieure à celle du simple balsa ;

— l'augmentation de poids est très faible.

Préparation du vol

Une bourre ignifugé est introduite dans le corps de manière à occuper une longueur égale à au moins deux fois le diamètre, en adhérant parfaitement au tube.

Le parachute plié délicatement en « sapin » est placé au-dessus de la bourre de protection. Les suspentes et le ruban amortisseur étant disposés au-dessus de lui.

Ensuite, l'ogive est mise en place. Le moteur peut être solidement arrimé dans le corps par l'enroulage d'un ruban adhésif autour de son extrémité (côté tuyère d'éjection).

Si un verrou de fixation a été prévu, s'assurer de sa parfaite fiabilité.

Compte à rebours

Le lancement impose une liste de contrôle des opérations précise, retraçant le déroulement de celles-ci.

Stabilité

Une fusée ne vole que si elle est aérodynamiquement stable. Son nez doit rester pointé sur le même cap, même si une force quelconque (moteur décentré, rafale de vent, par exemple) tend à la faire dévier.

Instable, le modèle s'écrasera au sol après l'extinction du moteur et sera généralement détruit.

Pour garantir la stabilité, il convient d'abord d'étudier comment s'exerce les différentes forces.

En vol libre, un corps tourne autour de son point d'équilibre : **le centre de gravité** (CG) (Figure 19) pivot de toutes les forces tendant à faire évoluer la fusée. Le centre de gravité peut être aisément déterminé en disposant horizontalement la fusée complète sur une lame de couteau ou en la suspendant à un fil vertical. (Figure 22). Lorsqu'elle reste en équilibre c'est que l'on est au centre de gravité. On le repère alors d'un trait.

Les forces les plus importantes agissant sur la fusée sont :

— la poussée du moteur

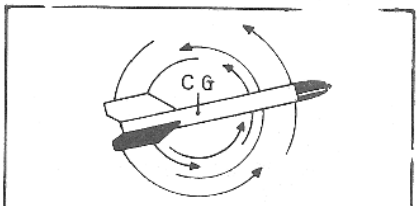


FIGURE 19

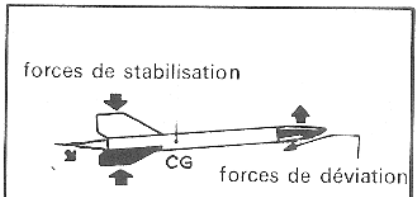


FIGURE 20

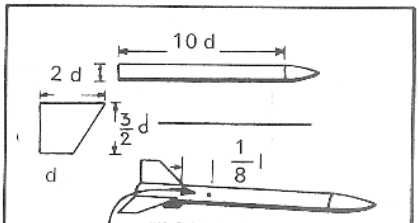


FIGURE 21

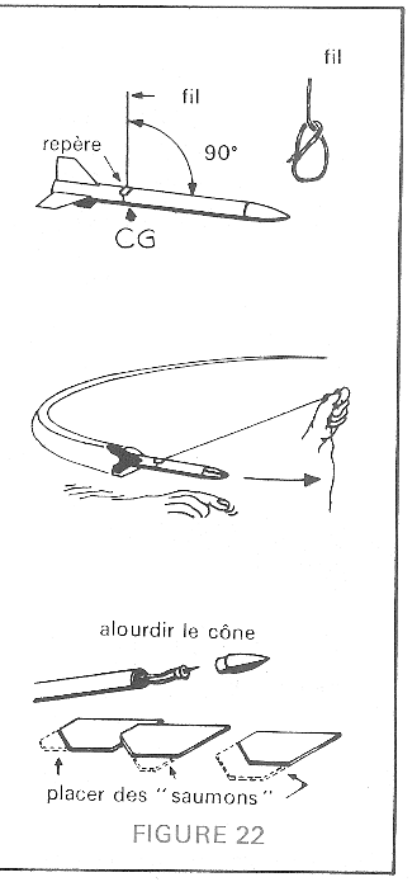


FIGURE 22

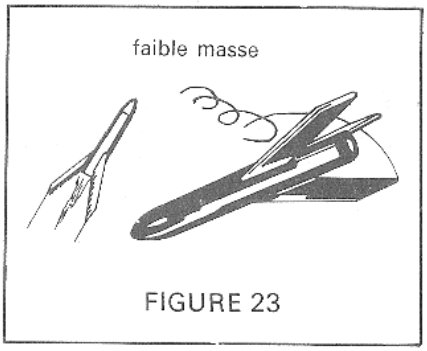


FIGURE 23

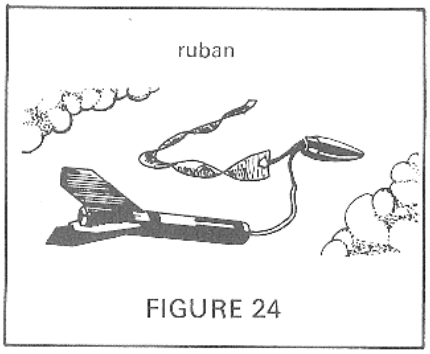


FIGURE 24

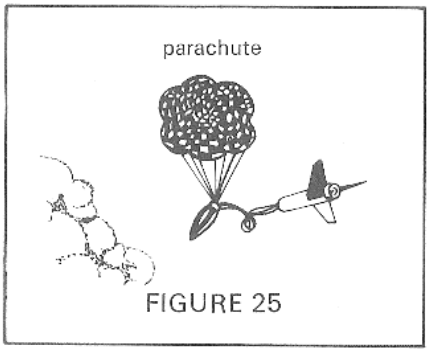


FIGURE 25

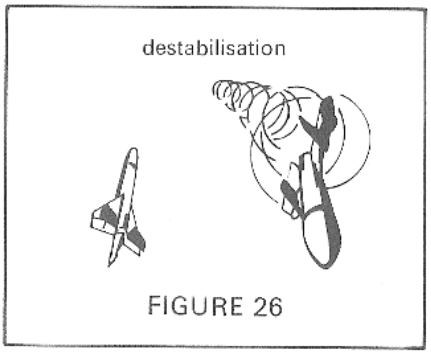


FIGURE 26

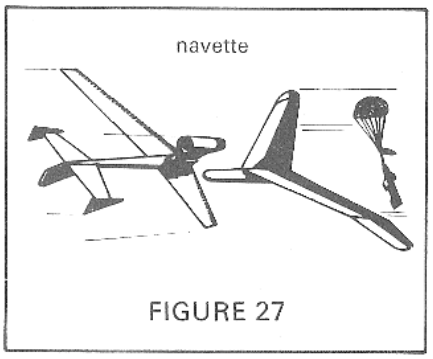


FIGURE 27

— l'action de l'air sur l'ogive et sur les empennages dont la résultante est appliquée en un point appelé **centre latéral de poussée** (CLP) (Figure 20).

Toutes ces forces sont amplifiées par la distance séparant leur point d'action du centre de gravité (effet de couple ou de levier).

Si les forces agissant sur les empennages sont assez grandes pour contrebalancer celles agissant sur l'ogive la fusée est dite stable et effectuera une trajectoire correcte (le CLP est en arrière du CG). Si les empennages sont trop près du centre de gravité ou si leur surface est insuffisante, le nez de la fusée aura tendance à osciller et celle-ci va zigzaguer dans le ciel, elle est dite indifférente.

Dérangées par une influence quelconque (raffale de vent) les forces de déséquilibre vont se décupler. Selon la taille et la forme de l'ogive et des empennages, l'une d'elles s'imposera et la fusée sera déviée. Si ce sont les forces sur l'ogive qui l'emportent. Le résultat est catastrophique, la fusée est dite instable. Ce cas est à proscrire (le CLP est en avant du CG).

Le calcul mathématique de l'influence des forces est compliqué. Mais, certaines règles de base essentielles sont à connaitre. (Figure 21).

Première règle

Utiliser un corps de grande longueur. La longueur du tube devra être au moins égale à dix fois son diamètre. Ainsi, la distance entre le centre de gravité et les empennages sera suffisante.

Deuxième règle

Prévoir des empennages d'une surface suffisamment grande, afin que la force exercée lors de l'amorce de déviation soit assez importante pour assurer la stabilité.

Troisième règle

Placer les empennages le plus en arrière possible du corps. Le bord de fuite sera, en général, au même niveau que l'étambot du corps et les empennages seront en « flèche ». Attention : ne jamais placer une ailette en avant du centre de gravité !

Quatrième règle

Le centre de gravité de la fusée devra être situé en avant des empennages a une distance égale au moins à un huitième de la longueur de la fusée. Les forces agissant sur les empennages auront un bras de levier suffisant pour contrebalancer celles s'exerçant sur l'ogive.

On peut **tester** (Figure 22) la stabilité de l'engin en le faisant évoluer dans les airs, à la manière d'une fronde à l'extrémité d'un fil attaché à son centre de gravité, après avoir donné une impulsion semblable à celle nécessaire au lancement d'un lasso.

Si le résultat n'est pas satisfaisant, on peut :

— soit déplacer le centre de gravité vers l'avant en lestant l'ogive ;

— soit en plaçant de plus grands empennages ou en collant au bout de ceux-ci des saumons complémentaires.

Système de récupération

La récupération est une des phases les plus importantes de l'expérience. Les jeunes constructeurs doivent développer la recherche concernant le dispositif le plus efficace et le plus en harmonie avec la sureté de fonctionnement. Les principe utilisé est, en général, fondé sur celui de la résistance de l'air. Six méthodes principales ont été mises au point :

1) **Récupération par « faible densité »**

Le poids est insignifiant ou presque et l'ogive est tronquée. Une fois le moteur éjecté, ce modèle, ultra-léger (environ 15 g) par rapport à son envergure, atterrit en douceur.

2) **Récupération par déstabilisation** (Figure 23)

L'explosion de l'étoupille déplace le poids du moteur vers l'arrière où sera conduit le centre de gravité. L'engin bascule et la résistance de l'air étant forte, redescend doucement.

3) **Récupération par banderoles** (Figure 24)

Même principe que pour la déstabilisation. La banderolle doit être suffisamment ample pour offrir une grande résistance au vent.

4) **Récupération par parachute** (Figure 25)

Le parachute est éjecté par l'explosion de l'étoupille. Une fois ouvert il freine la chute. On peut aisément réaliser des essais permettant de calculer la vitesse de chute et de choisir la surface convenable.

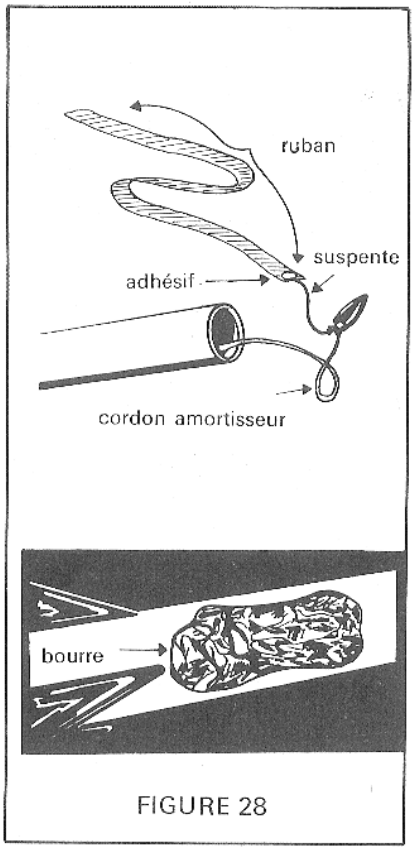


FIGURE 28

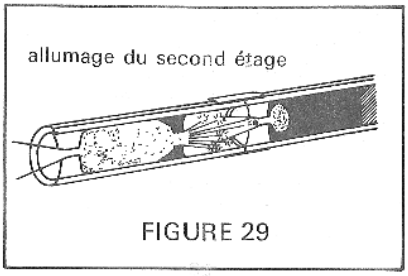


FIGURE 29

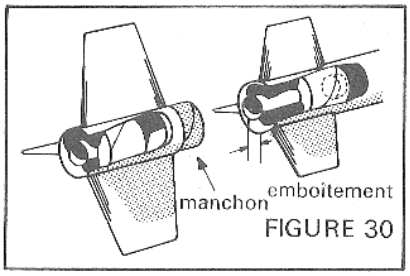


FIGURE 30

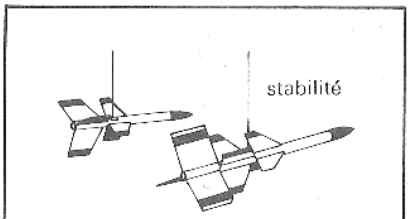


FIGURE 31

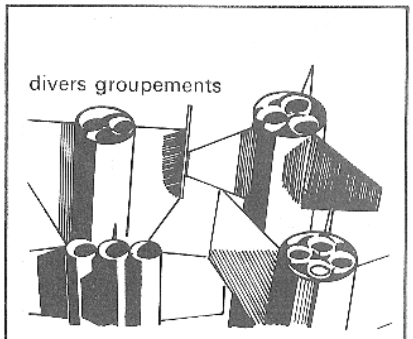


FIGURE 32

5) **Descente en auto-rotation**
(Figure 26)

L'explosion de l'étoupille fait braquer des ailerons placés au bord de fuite des empennages. L'écoulement de l'air sur eux va créer une forte résistance qui réduira la vitesse de descente de la fusée.

6) **Récupération par vol plané**
(Figure 27)

Au moment de l'éjection deux faits peuvent intervenir : la modification de l'équilibre du modèle ou de la position des surfaces aérodynamiques. La voilure engendre alors une portance qui relève le nez de l'engin et le fait descendre en vol plané.

Les incidents possibles

Dans le cas de modèle à parachute, un défaut d'installation du moteur constitue l'incident le plus courant. Si le moteur n'est pas solidement verrouillé, c'est lui qui sera éjecté au lieu du parachute (ou de la banderole). Il en sera de même si le cône ne coulisse pas librement dans le corps de la fusée.

Il faut donc s'assurer que le verrou est fiable ou que le ruban adhésif est assez consistant autour du moteur (suivant le dispositif choisi).

Autre incident possible : celui dû à la présence d'un trou provoquant la fuite des gaz créés par l'explosion de la goupille d'éjection.

Ceci est souvent le cas lors d'une conception ou réalisation bâclée du support moteur. L'arrière de la fusée doit être parfaitement étanche, une fois le moteur en place.

Conseils et améliorations

Pour les modèles de grandes dimensions, utiliser un tube pour les gaz d'éjection, permettant de réduire le volume que l'étoupille doit mettre sous pression. Ce tube est centré à l'intérieur du corps grâce à des disques de papier fort collés à chacune des extrémités. Les disques doivent également être collés à l'intérieur du corps de manière à éviter qu'il ne se produise des fuites de gaz entre le tube et le corps de la fusée.

Pour les fusées montant à grande altitude, le dispositif par parachute, en cas de fort vent, peut faire atterrir l'engin à plusieurs kilomètres de son point de déplacement. Dans ce cas, une banderole est conseillée (vitesse de descente plus importante).

La bande de papier crépon alors utilisée doit être incombustible. Elle devra être longue deux fois comme la fusée et large d'environ 2,5 cm. L'engin tombera latéralement suffisamment vite mais pas trop loin de l'aire de tir et sans dommage. Que le modèle soit équipé d'un parachute ou d'une banderole, il faut utiliser une bourre ignifuge qui assure l'isolation thermique entre les gaz d'éjection et le parachute ou la banderole. Cette bourre sert aussi de joint d'étanchéité et de piston, répartissant également la pression qui chasse le dispositif de récupération. Cette bourre ne devra pas être tassée et devra remplir le corps sur une longueur au moins égale au double du diamètre de celui-ci.

Fusées à plusieurs étages

On peut construire des mini-fusées à plusieurs étages, bien entendu... après avoir acquis une bonne expérience dans cette activité.

Le premier étage d'une fusée, sans étoupille d'éjection ni mèche lente, est toujours lancé au moyen d'un dispositif électrique.

Le second étage est allumé automatiquement par les gaz chauds entraînant des restes de propergol du premier étage à la fin de la combustion (Figure 29). La séparation ne doit pas engendrer une déviation de la trajectoire.

Lors du montage, les deux moteurs sont réunis à l'aide de papier adhésif. Pour les fusées de fort diamètre ces principes sont aussi valables, bien que les systèmes diffèrent quelque peu.

Il faut prévoir des empennages à

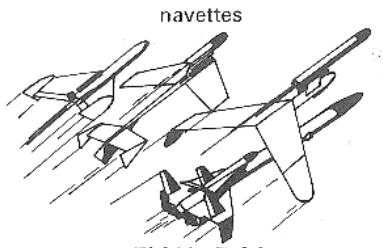


FIGURE 33

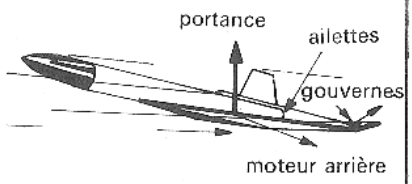


FIGURE 34

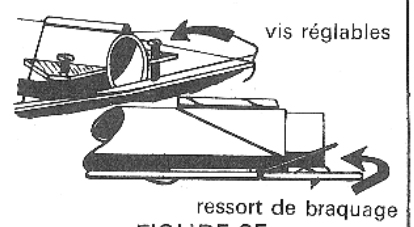


FIGURE 35

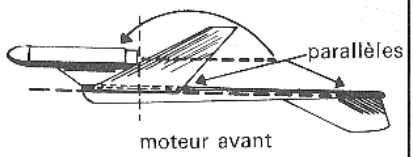


FIGURE 36

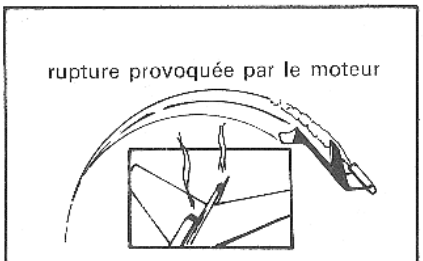


FIGURE 37

très grande surface pour l'étage inférieur. (Fig. 30). Les tests de stabilité se font en suivant les phases de vol prévues (Figure 31).

Si l'on désire récupérer le premier étage, on doit le concevoir pour que la ligne d'équilibre des empennages passe par son centre de gravité ou très près de celui-ci.

Autre problème : la synchronisation pour l'allumage de chaque étage supérieur. Il est résolu en adoptant des types de moteurs convenables. (Figure 32)

Groupement de moteurs en « parallèle »

Quand les modèles sont de plus en plus ambitieux et perfectionnés, il est possible d'effectuer des groupements de moteurs en parallèle. Il faut alors étudier en conséquence les problèmes de stabilité, de propulseurs, d'allumage, de rampes, etc.

Navettes

Ce sont des planeurs propulsés par des moteurs et décollant verticalement, comme une fusée. Mais le retour vers la terre s'effectue en vol plané, au lieu de faire appel à un parachute (Figure 33).

Il existe quatre types principaux de navettes :

— à moteur arrière ;
— à moteur avant ;
— à nacelle moteur larguable ;
— gigogne.

Le problème de stabilité se pose comme pour les mini-fusées. Le moteur, en général, est le plus en avant possible, pour éviter les déviations, surtout au cours de la phase ascendante.

Moteur arrière (Figures 34 - 35)
Sur ces modèles, deux des empennages présentent une très grande surface et constituent les ailes équipées de gouvernes.

Ces gouvernes sont maintenues droites par le moteur, en cours de vol propulsé. Au moment de l'éjection, les gouvernes se braquent, ce qui a pour effet de faire légèrement cabrer le modèle et de donner aux ailes une certaine incidence créant une force de portance qui assure la sustentation du modèle. L'avant peut être alourdi par un certain nombre d'enveloppes de moteurs vides, de manière à améliorer la stabilité. Toutes les gouvernes doivent être parfaitement dans le prolongement du plan fixe au cours de la phase ascensionnelle du vol.

Le principal problème est la déterminiation du centre de gravité,

Celui-ci doit être :

— suffisamment en avant pour obtenir une bonne ascension ;
— assez en arrière pour obtenir un bon « plané ».

Moteur avant (Figure 36)

Le moteur doit être placé de telle façon que la tuyère soit au niveau de l'axe médian de l'emplanture de l'aile. L'axe du moteur, l'intérieur de la voilure et le plan fixe stabilisateur horizontal doivent être parallèles entre eux.

S'il existe un angle quelconque, le modèle aura tendance à effectuer un looping et s'écrasera au sol avant l'éjection.

L'entretoise supportant la nacelle du moteur doit avoir une épaisseur d'environ 2 mm. Si elle est trop importante, le décentrement de la poussée fera piquer l'engin. Si elle est trop faible, le moteur éjecté frôlera ou heurtera l'empennage (Figure 37).

Nacelle moteur larguable
(Figure 38)

Un planeur sera d'autant plus performant que son poids et sa résistance au vent seront réduits. Le système de la nacelle larguable se révèle très intéressant.

La fusée récupérée par parachute et par banderolle est dépourvue d'empennages, mais elle est équipée d'une broche inclinée à laquelle est accroché le planeur monté libre sur la broche. Il joue un rôle de stabilisateur durant l'ascension.

La réaction due à l'éjection de l'ogive ralentit la nacelle, tandis que l'inertie du planeur déplace celui-ci vers l'avant et le dégage de la broche. Si la broche coince légèrement, la trainée du parachute est, en général, suffisante pour arracher la nacelle.

La nacelle doit être suffisamment libre pour tomber de son propre poids, lorsqune l'on tient le planeur « nez en l'air ».

Sur la tige guide de la rampe de lancement le planeur et la nacelle sont placés de part et d'autre. Seule cette dernière porte des

tubes guides (Figure 39). Moteur, voilure et empennages doivent être, ici aussi, parallèles.

Gigogne (Figure 40)

Deux planeurs sont placés de part et d'autre d'un corps propulseur, sans empennage, équipé d'un dispositif de récupération par parachute.

Sur ce principe on peut créer toute une gamme de réalisations.

Dans tous les cas, le corps lanceur doit être très long et très stable.

Le planeur est monté au voisinage du centre de gravité du véhicule lanceur. Une broche assez large joignant le planeur au lanceur au cours de l'ascension.

Essai plané (Figue 41)

La navette doit être soigneusement réglée avant le lancement.

Celles à moteur arrière se règlent par braquage des gouvernes jusqu'à ce qu'un vol plané parfait soit obtenu.

Les autres sont réglés par lestage du nez.

Pour bien régler une navette il faut la lancer sans propulseur, d'un mouvement doux, à l'horizontal, droit dans le vent (comme l'on ferait avec un petit avion de papier) :

— s'il décroche, lester le nez

— s'il vire, ajouter un très petit lest sur l'aile placée à l'extérieur du virage.

Si toutes les recommandations sont suivies, le vol du planeur sera des plus spectaculaires.

Finition

Il faut effectuer la finition de chaque sous-ensemble dès que sa construction est achevée. Un collage effectué sans soin fera très mauvais effet et entrainera une réduction des performances. La présentation est très importante car elle encourage et donne du goût pour son travail. La mini-fusée doit avoir un aspect irréprochable dès avant la peinture.

Ponçage et rebouchage

Chaque surface de balsa doit être soigneusement et très finement poncée. Pour ce faire employer un papier abrasif à grain extra-fin (triple ou quadruple 0) jusqu'à obtenir un profil parfaitement lisse.

Appliquer ensuite une couche d'apprêt. Laisser sécher complètement cet enduit. Poncer ensuite à l'aide du papier abrasif. Quand les surfaces seront aussi lisses que précédemment, appliquer une nouvelle couche d'apprêt.

Après chaque ponçage, la couche d'enduit devra avoir totalement disparue. Son application a pour unique but de boucher les pores du balsa et non de former une couverture.

Couleur de fond

Les surfaces de balsa étant préparées, il reste à peindre la fusée, et d'abord à choisir la couleur de base.

Celle-ci sera plus claire. Si l'on emploie des peintures fluorescentes, la couleur de base sera blanche D'abord appliquer une couche de la couleur de base puis laisser sécher. Cette couche passée au pinceau ou pulvérisée devra être très fine pour que le séchage soit rapide et qu'il ne se produise pas de coulées. Après séchage complet, poncer à l'aide d'un papier abrasif très fin, puis essuyer la poussière à l'aide d'un linge propre et légèrement humide.

Appliquer une deuxième couche et laisser sécher. Procéder ensuite par fines couches jusqu'à obtenir une couleur pure et nette.

La couleur de fond doit sécher durant une journée (ou quatre heures au strict minimum) dans un local chaud et non poussiéreux.

La **deuxième couleur**

Une fois la couleur de fond bien sèche, masquer toutes les parties qui conserveront cette teinte.

Pour masquer, employer :

— pour les petites surfaces : du ruban adhésif ;

— pour les grandes surfaces : du papier pour machine à écrire dont les bords seront collés à l'aide d'un ruban adhésif.

Les arêtes du papier de masquage doivent adhérer parfaitement au modèle.

Après mise en place des « caches », appliquer une couche supplémentaire de couleur de fond pour renforcer l'étanchéité des bordures puis laisser sécher. Ensuite, appliquer la seconde couleur en plusieurs couches successives : utiliser assez de peinture pour obtenir une teinte franche.

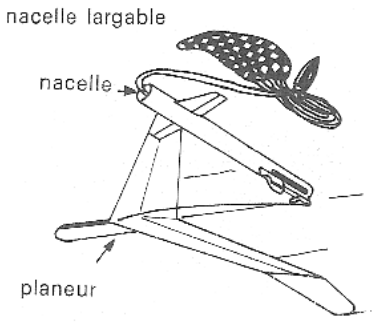


FIGURE 38

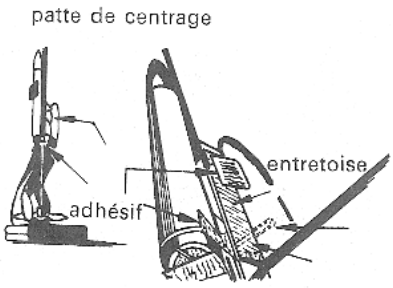


FIGURE 39

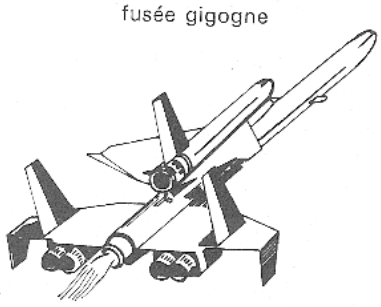


FIGURE 40

FIGURE 41

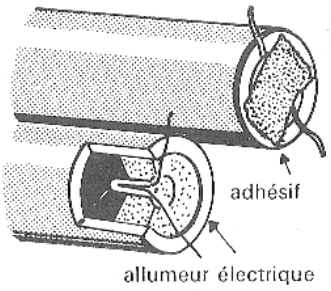


FIGURE 42

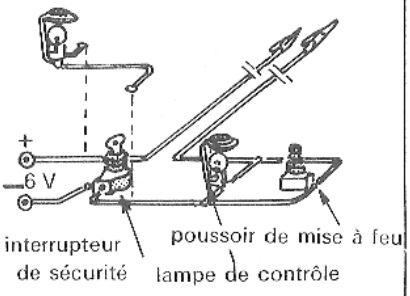


FIGURE 43

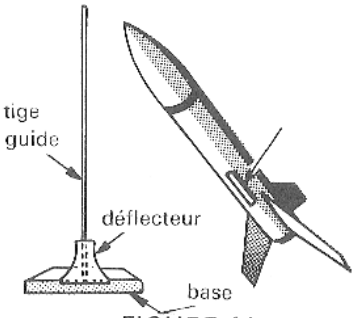


FIGURE 44

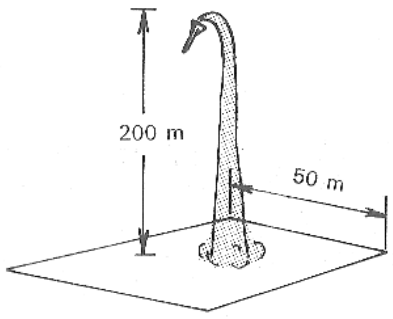


FIGURE 45

Une fois la dernière couche sèche, retirer les « caches » avec précaution pour ne pas « arracher » la peinture. Si besoin, appliquer une troisième couche.

Touches finales

Laisser la peinture sécher toute une nuit, avant de procéder à l'application éventuelle de décalcomanies.

La plupart de ces **décalcomanies** doivent être trempées dans de l'eau tiède pendant 30 secondes ou bien jusqu'à ce qu'ils commencent à glisser sur leur papier support.

Faire glisser la décalcomanie de telle sorte qu'un de ses bords soit dégagé du papier support. Ce bord sera positionné et maintenu en place sur la fusée et le support sera tiré en-dessous.

Lisser la décalcomanie avec le doigt humide et retirer l'excédent d'eau à l'aide d'un chiffon.

Pour les bandes et raies éventuelles, on peut aussi utiliser du ruban adhésif. Il faudra que ces pièces soient découpées avant leur application.

Si l'on employé des **peintures fluorescentes**, il conviendra d'appliquer une mince couche de vernis transparent avant de procéder à l'application de déclacomanies.

De toute façon, quelque soit la nature des peintures employées, il est préférable d'appliquer plusieurs couches de **vernis transparent** afin de protéger les décalcomanies une fois qu'elles sont sèches.

Dans le doute, essayer la compatibilité des différentes peintures sur un déchet de matière.

Le lancement

Le lancement nécessite les opérations suivantes **placées sous la responsabilité d'un représentant de l'A.N.C.S.** :

— installation de l'allumeur (qui est fourni prêt à l'emploi) (Figure 42) ;

— branchement de circuits électriques (indiqué également, mais une conception personnelle est possible) (Figure 43) ;

— construction de la rampe de lancement. Celle-ci se compose d'une base en bois dur très stable, d'un déflecteur de jet (plaque métallique) et la tige guide (corde à piano de diamètre 3 ou 4 millimètres et de longueur 1 mètre). Cette dernière doit coulisser librement dans le tube guide fixé à la fusée (Figure 44) ;

— aménagement de l'aire de lancement : celle-ci doit être dégagée et très grande pour permettre la récupération de l'engin (le plus petit côté de l'aire doit être an moins égal au quart de l'altitude maximum que peut atteindre l'engin) (Figure 45).

Mesures d'altitude

Comment mesurer l'altitude atteinte par la mini-fusée ? La méthode la plus sûre et la plus simple est connue sous le nom de triangulation qui fait appel à des dispositifs des plus élémentaires. A l'aide de ceux-ci, on peut mesurer l'angle entre le sol et la ligne de visée vers la fusée, lorsque celle-ci atteint son altitude maximum.

En connaissant la mesure de cet angle et celle de la distance entre l'observateur et la rampe de lancement, il est aisé de déterminer l'altitude (Figure 46).

Les théodolites

Le dispositif de triangulation peut être un appareil conçu spécialement. Mais le modéliste peut fabriquer, sans difficulté, son propre théodolite.

Fixer solidement un rapporteur en matière plastique à un piquet enfoncé dans le sol. Au centre du rapporteur est articulée une barre de mire.

On dispose cet appareil afin de lire 0° lorsqu'on vise la fusée sur sa rampe, et 90° lorsqu'on vise à la verticale. Il faut s'assurer qu'il est bien calé (Figure 47).

L'observateur en poste lors du lancement suit la fusée durant toute son ascension. Lorsque l'altitude maximum est atteinte, il verrouille le dispositif. Il n'a plus qu'à lire sur l'échelle du rapporteur. La tangente à cet angle est déterminée par tableau. L'altitude est égale à la tangente que multiplie la distance séparant l'observateur de la rampe (base).

Une table appelée **abaque** fournit un moyen plus rapide pour calculer l'altitude (Figure 48).

Tracer une ligne droite joignant la valeur exacte de la base sur le diagramme à l'échelle d'altitude, et

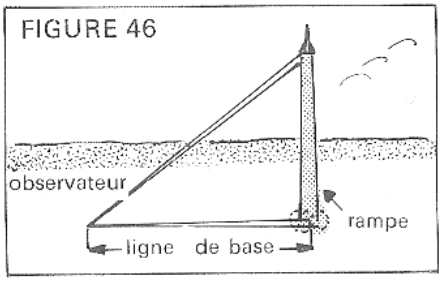


FIGURE 46

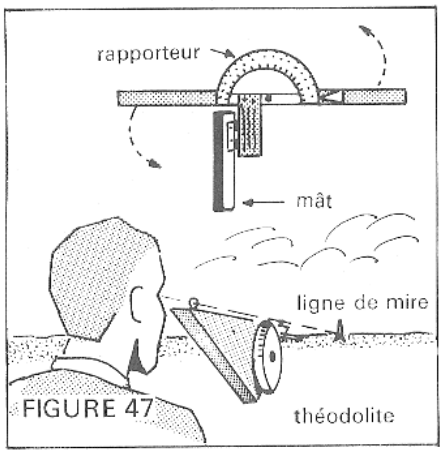


FIGURE 47

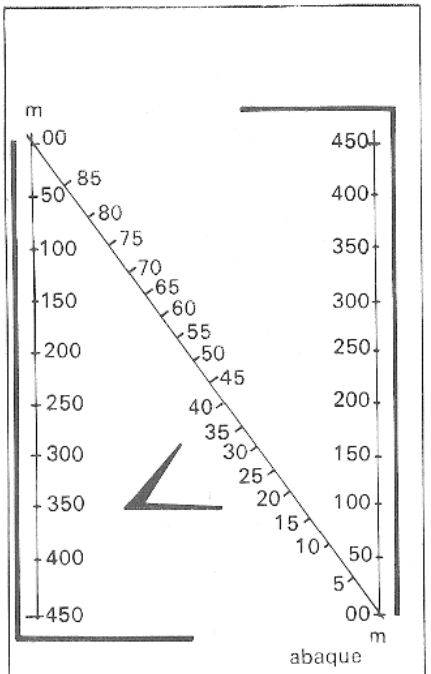


FIGURE 48

passant par l'angle lu sur le rapporteur. Le point d'intersection de cette droite avec l'échelle d'altitude indique l'altitude atteinte.

Pour les lancements par vent calme, un seul observateur obtiendra de très bons résultats.

Le vent a une influence sur l'altitude car les modèles ont tendance à venir dans le vent (loffer) en cours de vol.

Il en résulte que la fusée ne se trouve pas à la verticale de la rampe de lancement, mais à une certaine distance dans le sens du vent (Figure 49).

Pour réduire l'erreur due à la dérive jusqu'à un minimum acceptable, l'observateur se place à un angle de 90° par rapport à la direction du vent.

Détermination du meilleur emplacement pour l'observateur

Pour une meilleure exactitude, on peut installer deux postes d'observation, de part et d'autre de la plate-forme de lancement (Figure 50).

On mesure séparément l'altitude pour chacun des postes d'observation, puis on fait la moyenne des deux valeurs ainsi calculées.

Des dispositifs de poursuite plus élaborés, avec emploi de mathématiques peuvent être utilisés pour obtenir une plus grande précision, lorsque la fusée ne monte pas verticalement. Dans des conditions normales, les présentes indications suffisent.

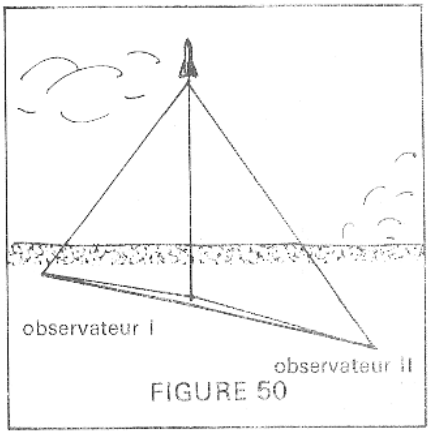


FIGURE 50

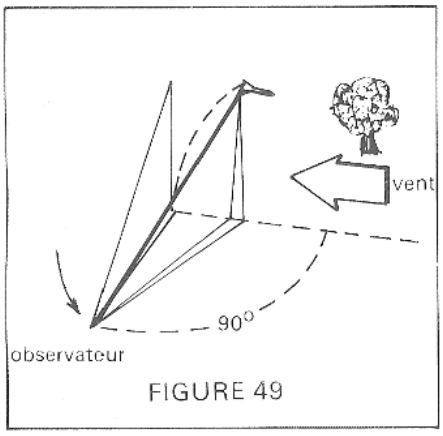


FIGURE 49

Ses premiers pas de praticien scientifique

Société DELTA ASTRO MODEL
S.A.R.L. au capital de 50 000 F
R.C. SOISSONS B 334 427 846
CHACRISE 02200 SOISSONS
FRANCE
Tél : 23.74.80.67
Télex : 155225 F

DESCRIPTION DES MICRO-MOTEURS

Les moteurs comprennent 3 charges distinctes:

1°) la charge propulsive qui donne toute sa vitesse à la fusée
2°) la charge retard qui ne produit aucune poussée mais entretient la combustion, le temps que la fusée atteigne son apogée sur sa lancée. Cette charge allume alors la charge d'extraction.
3°) la charge d'extraction qui produit une surpression dans le corps de la fusée, ce qui éjecte le cône, entrainant le dispositif de descente.

L'allumage est assuré par l'intermédiaire d'un allumeur électrique que l'on doit introduire dans la tuyère juste avant le lancement.

Ces moteurs sont caractérisés par 3 paramètres qui apparaisent en code sur chaque moteur.

exemple: A8-3

- la lettre indique la poussée totale du moteur et est directement liée à la quantité de poudre propulsive. La puissance double à chaque nouvelle lettre.
- le premier chiffre indique la poussée moyenne en hectogramme. Cette poussée moyenne est obtenue en divisant la poussée totale par le temps de combustion en secondes.
- le deuxième chiffre indique la durée de la charge retard en secondes.

Ces moteurs sont vendus par emballage de 3 comprenant déjà 3 allumeurs.

CHOIX DES DIFFERENTS TYPES DE MOTEURS

MODELES DE FUSÉES		DIFFERENTS TYPES DE MOTEURS		
		POUR LE PREMIER VOL	UTILISATION COURANTE	PERFORMANCES MAXIMALES ET ALTITUDES ATTEINTES
0651	RED MAX	A8-3	B6-2; B6-4; B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 200 m
0874	MINI EXOCET / HAWK	1/2A3-2T	A3-4T; A10-3T;	A10-3T; 240 m
0875	DRAGONFLY	1/2A3-2T	1/2A3-2T;	1/2A3-2T; 150 m
0881	MARS LANDER	1/2A3-2T	A3-4T; A10-3T;	A10-3T; 200 m
0882	NINJA	1/2A3-2T	A3-4T; A10-3T;	A10-3T; 250 m
1256	ALPHA III	1/2A6-2	A8-3; B4-6; B6-4; B8-5;	C6-5; C6-7; 350 m
1284	NAVETTE SPATIALE	C5-3	C5-3; C6-3;	C6-3; 150 m
1327	ASTROCAM	B8-5	B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 200 m
1333	SCORPION 1er ETAGE 2em ETAGE	B6-0 A8-3	B6-0; C6-0; B4-6; C6-7;	C6-0; C6-7; 400 m
1336	ALCM CRUISE MISSILE	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5;	C6-5; 200 m
1380	PHOENIX	D12-3	D12-3;	D12-3; 180 m
1382	COMANCHE 1er ETAGE 2em ETAGE 3em ETAGE	D12-0 B6-0 A8-3	D12-0; B6-0; A8-3; B4-6;	D12-0; C6-0; C6-7; 800 m
1385	NAVETTE COLUMBIA	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5;	C6-5; 150 m
1911	COURIER	1/2A6-2	A8-3; B4-6; B6-4; B8-5;	C6-5; C6-7; 400 m
1918	TITAN II	A8-3	B6-4; C6-3; C6-5;	C6-5; 220 m
1919	HONEST JOHN	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 300 m
1921	MERCURY-REDSTONE	C5-3	C5-3;	C5-3; 200 m
1922	MARAUDER	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 250 m
1924	DEFENDER	D12-5	D12-5;	D12-7; 450 m
1925	EXOCET	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 250 m
1926	V-2	D12-3	D12-5;	D12-5; 250 m
1947	SOUCOUPE VOLANTE	B6-0	C6-0;	C6-0; 100 m
1948	BIG BERTHA	A8-3	B6-2; B6-4; B8-5; C6-5;	C6-5; 250 m
1957	NIKE-APACHE	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5; C6-7;	C6-5; C6-7; 300 m
1958	BLACK BRANT II	D12-5	D12-5;	D12-7; 400 m
1961	CRUSADER	B6-2	C5-3; C6-3;	C6-3; 200 m
1972	BULLPUP	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5;	C6-5; 250 m
1973	INTERCEPTOR II	A8-3	B6-4; B8-5; C6-3; C6-5;	C6-5; 180 m
1976	JUPITER C	C5-3	C5-3;	C5-3; 200 m
1977	GEO SAT LV	B6-4	C6-3; C6-5;	C6-5; 150 m
1978	GEMINI-TITAN	A8-3	B6-4; B8-5; C6-5;	C6-5; 220 m

CARACTERISTIQUE DES DIFFERENTS TYPES DE MICRO-MOTEURS D.A.M.

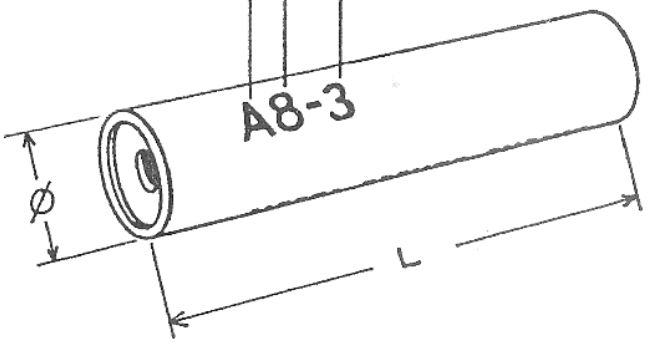
LES INSCRIPTIONS SUR LES MICRO-MOTEURS DE LA GAMME DELTA ASTRO MODEL DONNENT DES INDICATIONS IMPORTANTES SUR LES PERFORMANCES DE CES MOTEURS. VOICI CE QU'ELLES SIGNIFIENT:

MICRO-MOTEUR POUR FUSEE MODELE REDUIT

Cette lettre indique la poussée totale du micro-moteur. Voir la correspondance dans le tableau ci-contre.

Ce nombre indique la poussée moyenne du moteur exprimée en NEWTONS.

Ce nombre exprime le temps en secondes entre la fin de la poussée et l'allumage de la charge d'extraction. 0 indique qu'il n'y a pas de charge d'extraction.

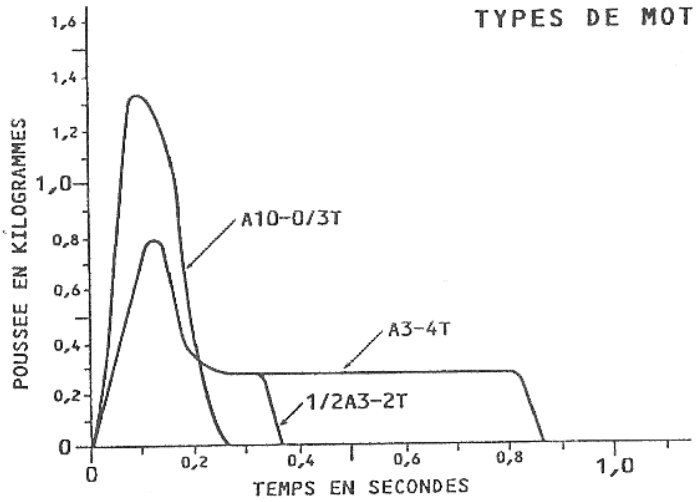


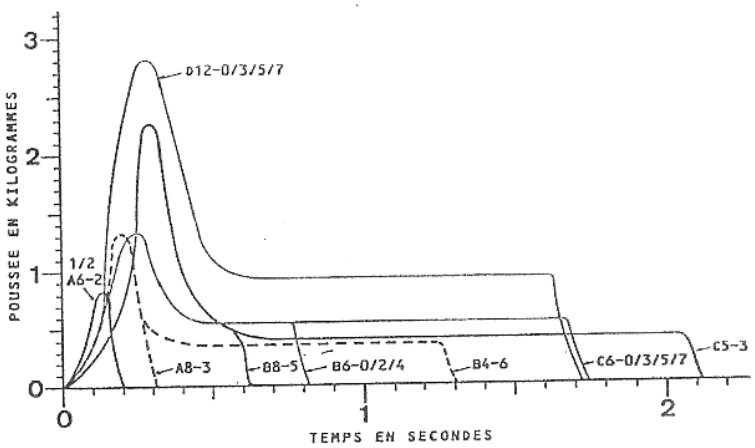
COTES DES DIFFERENTS TYPES DE MOTEURS

TYPE	T	1/2A-A-B-C	D
Ø	12,70mm	17,50mm	24,00mm
L	44,45mm	70,00mm	70,00mm

TYPE MOTEUR	POUSSEE TOTALE en gxsecondes	POUSSEE MOYENNE Newtons	POUSSEE MOYENNE grammes	POIDS DE POUDRE
1/2 A3	127 gxs	3	306 g	2,7 g
1/2 A6	127 gxs	6	612 g	3,5 g
A3	254 gxs	3	306 g	4,9 g
A8	254 gxs	8	816 g	5,6 g
A10	254 gxs	10	1020 g	4,9 g
B4	508 gxs	4	408 g	10,6 g
B6	508 gxs	6	612 g	7,7 g
B8	508 gxs	8	816 g	8,6 g
C5	1016 gxs	5	510 g	12,8 g
C6	1016 gxs	6	612 g	14,2 g
D12	2032 gxs	12	1224 g	29,0 g

DIAGRAMMES DES DIFFERENTS TYPES DE MOTEURS D.A.M.

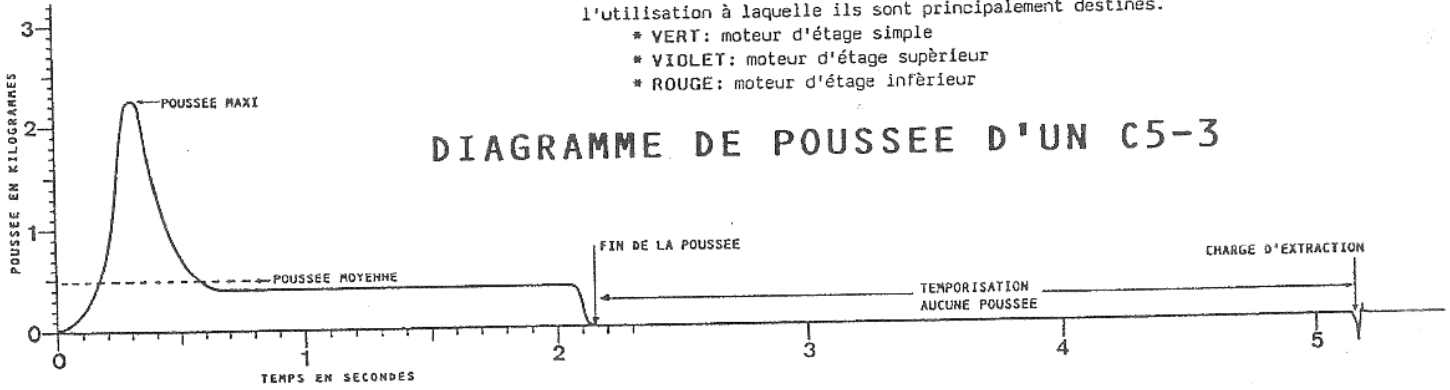




La couleur des inscriptions sur les micro-moteurs indique l'utilisation à laquelle ils sont principalement destinés.

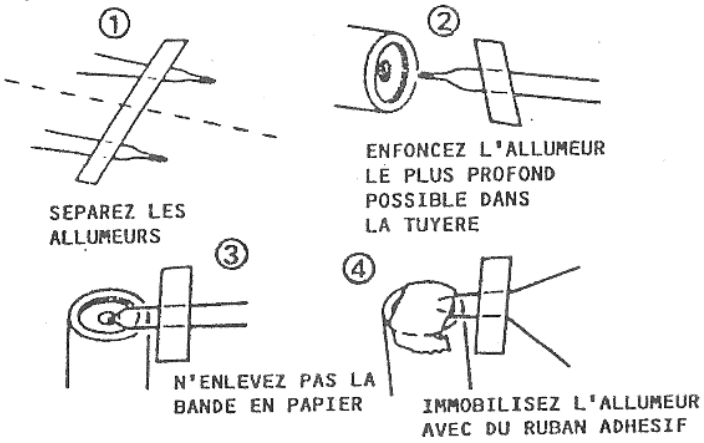
* VERT: moteur d'étage simple
* VIOLET: moteur d'étage supèrieur
* ROUGE: moteur d'étage infèrieur

DIAGRAMME DE POUSSEE D'UN C5-3

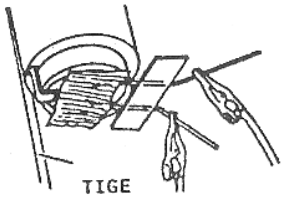


MODE D'EMPLOI DES MICRO-MOTEURS D.A.M. ET DE LEURS ALLUMEURS

ATTENTION: La présence d'un adulte est obligatoire pour toute utilisation par un mineur de moins de 16 ans.
STOCKAGE: Conservez vos moteurs dans un endroit sec et frais. Ne les exposez jamais à une température supérieure à 65°C.
EN CAS DE FEU: Tout incendie à proximité ou parmi les moteurs doit être traité comme un feu ordinaire. Utilisez de l'eau ou de la neige carbonique.
DESTRUCTION: Tout moteur abimé, défectueux ou dont on désire se débarrasser, doit être trempé 24 heures dans l'eau pour être détruit.
CHOIX DU MOTEUR: Consultez les notices fournies avec chaque fusée pour choisir les différents types de moteurs les plus adaptés à ce modèle. Suivez toujours les instructions du constructeur pour l'installation du moteur dans la fusée.
IMPORTANT: Pour votre sécurité, utilisez ces micro-moteurs uniquement pour propulser les modèles réduits de fusées commercialisés par Delta Astro Model.
MISE EN PLACE DE L'ALLUMEUR: Seule une mise à feu électrique permettra l'allumage du moteur. Pour cette mise à feu électrique, utilisez exclusivement le boitier d'allumage électrique Delta Astro Model N°2300 fourni dans chaque boite de début.
Apportez beaucoup de soin à la mise en place de l'allumeur, un positionnement incorrect de l'allumeur étant la cause principale de la majorité des échecs d'allumage.



1) Si nécessaire, séparez les allumeurs en coupant la bande de papier qui les relie. N'ENLEVEZ PAS la bande de papier de l'allumeur lui-même.
2) Faites pénétrer la partie enrobée de l'allumeur le plus profond possible à l'intérieur de la tuyère. (L'allumeur doit toucher la charge de poudre à l'intérieur du moteur.)
3) Tout en maintenant l'allumeur profondément enfoncé dans la tuyère, pliez à 90° les fils de l'allumeur jusqu'à les mettre en contact avec la base du moteur. ASSUREZ-VOUS QUE LES FILS NE SE TOUCHENT PAS.
4) Immobilisez l'allumeur contre le moteur avec un morceau de ruban adhésif. Laissez la bande de papier joignant les 2 fils de l'allumeur en place. Ecartez légèrement l'extrémité des 2 fils.



PREPARATION DU LANCEMENT:
- **LE SITE:** Vous devez disposer d'une surface dégagée de dimensions au moins égales à 100 X 50 m et située:
* à plus de 150 m de tout bien immobilier, des lignes de transport électrique ou de leurs supports, des voies de circulation, des voies ferrées, des points à haut risque (stockage de liquides inflammables, station-service, pinèdes, récoltes, etc ...)
* à plus de 5 Km d'un aéroport ou d'un aérodrome, sauf si celui-ci possède une zone réservée à la pratique de l'Aéromodélisme et en aucun cas dans l'axe d'une piste.
Il est interdit d'effectuer des lancements de nuit ou à partir d'un véhicule à moteur.

- **LES CONDITIONS METEO:** Il est dangereux de lancer une fusée si le vent souffle à plus de 6 m/s soit 21 km/h.
- **LA FUSEE:** Rappelons que le lancement de fusées expérimentales est interdit. Vous ne devez pas tirer d'autres engins que les maquettes commercialisées.
Contrôlez à nouveau le système de récupération de votre fusée (parachute ou banderole). Assurez-vous d'avoir mis suffisament d'étoupe de protection entre le moteur et le parachute (ou la banderole), pour éviter que celui-ci ne soit détérioré au moment de la mise à feu de la charge d'extraction. Il faut mettre de l'étoupe à l'intérieur du corps de la fusée sur une longueur au moins égale à deux fois son diamètre. L'ETOUPE DE PROTECTION est un papier SPECIAL IGNIFUGE.
Assurez-vous que la clef de sécurité ne se trouve pas sur le boitier d'allumage électrique et que ce dernier soit prêt à fonctionner.
- **LES SPECTATEURS:** Il est impératif d'écarter tout spectateur pouvant se trouver dans le périmètre de sécurité de 25 m de rayon tout autour de la rampe.

Glissez la fusée sur la tige de guidage de la rampe de lancement. Assurez-vous de la propreté des petites pinces à l'extrémité des fils du boitier d'allumage et connectez-les chacune sur un des fils de l'allumeur en faisant ATTENTION à ce qu'elles ne se touchent pas entre elles. De même, assurez-vous que les deux fils de l'allumeur ne se touchent pas. Pour éviter que les pinces n'entrent en court-circuit avec le déflecteur de jet, vous pouvez mettre un espaceur entre la fusée et le déflecteur de jet (tube en carton de moteur usagé ou bout de bois) lui-même posé sur le déflecteur de jet.
Reculez-vous de la longueur du fil, à partir de maintenant vous ne devez plus vous approcher à moins de 4.5 m de la rampe.

COMPTE A REBOURS:
Effectuez un "compte à rebours" comme pour le tir des vraies fusées. Commencez par introduire la clef de sécurité dans le boitier d'allumage et débutez le décompte à haute voix:
" 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - ALLUMAGE ! "
Appuyez sur le bouton de mise à feu à "ALLUMAGE". Si les piles sont neuves, le moteur partira instantanément. Si les piles commencent à être usagées, le moteur s'allumera au bout d'un petit delai. Vous devez maintenir le bouton de mise à feu enfoncé jusqu'à l'allumage effectif du moteur. Retirez la clef de sécurité du boitier d'allumage dés que la fusée a commencé son ascension.

PAS D'ALLUMAGE:
Si au bout de 5 secondes aucun allumage ne se produit, relachez le bouton de mise à feu et observez la lampe témoin du boitier d'allumage
* Si elle s'allume faiblement, c'est que vos piles sont usagées: remplacez-les.
* Si elle s'allume normalement, c'est que vous avez un court-circuit soit entre les deux fils de l'allumeur, soit entre les pinces et le déflecteur de jet, soit entre les pinces elles-mêmes.
* Si elle ne s'allume pas du tout, c'est que: soit l'une des pinces s'est déconnectée de l'un des fils de l'allumeur, soit les pinces sont sales, soit l'allumeur a bien fonctionné mais n'étant pas positionné correctement il n'a pas pu allumer la charge de poudre du moteur. Dans ce cas, le plus fréquent, l'allumeur est détruit et il faut le remplacer.
DANS TOUS LES CAS: RETIREZ LA CLEF DE SECURITE DU BOITIER D'ALLUMAGE ET ATTENDEZ 5 MINUTES AVANT DE VOUS APPROCHER DE LA RAMPE DE LANCEMENT.

Pour le remplacement de l'allumeur:
* Retirez la fusée de sa rampe de lancement.
* Installez un nouvel allumeur en l'immobilisant le plus profond possible à l'intérieur de la tuyère.
* Procédez comme pour un nouveau lancement.
* Si l'anomalie se produit à nouveau, reportez-vous au chapitre relatif à la RECHERCHE DE PANNE, page 4 de la notice du boitier d'allumage électrique Delta Astro Model N° 2300.

DELTA ASTRO MODEL
CHACRISE 02200
SOISSONS FRANCE
USA